

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001356378
 PUBLICATION DATE : 26-12-01

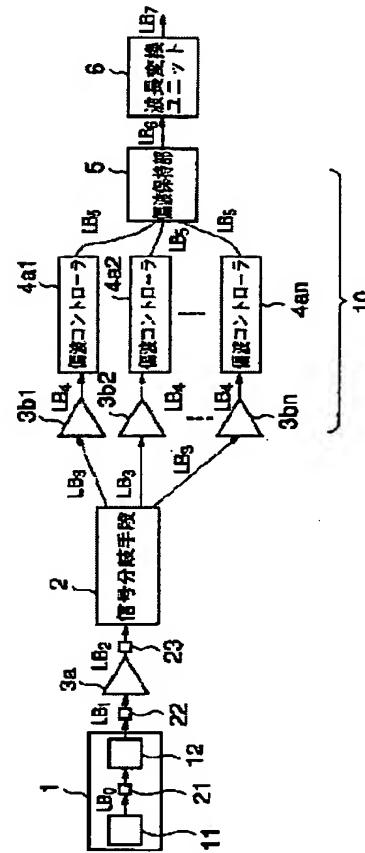
APPLICATION DATE : 14-06-00
 APPLICATION NUMBER : 2000178460

APPLICANT : NIKON CORP;

INVENTOR : YAMATO SOICHI;

INT.CL. : G02F 1/37 G02B 6/04 H01L 21/027

TITLE : LIGHT SOURCE DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light source device which is small in size, easily maintained, provides sufficient output as an exposure light source and is low in cost.

SOLUTION: The device is provided with a signal optical light source 1 which outputs monochromatic signal light beams within a wavelength range that covers from an infrared region to a visible ray region, a signal light beams branching means 2 which branches the signal light beams outputted from the source 1 into plural light beams and a polarized wave adjusted output means 10 which is provided with polarization controllers 4a1 to 4an that make the signal light beams branched by the means 2 into linearly polarized light beams having mutually equal polarization surface directions and a polarized wave holding section 5 that arrangement holds the linearly polarized light beams while the direction of the beams are put into a lined up condition. The source 1 and each output end of the means 2 are provided with optical amplifiers 'a' and 3b1 to 3bn. The means 10 lines up the signal light beams as linearly polarized light beams having equal polarization surfaces. The light beams are then made incident on a wavelength converting unit 6 which converts the wavelength of these linearly polarized light beams collectively into ultraviolet light beams.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-356378

(P2001-356378A)

(43)公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 2 F 1/37
G 0 2 B 6/04
H 0 1 L 21/027

識別記号

F I
G 0 2 F 1/37
G 0 2 B 6/04
H 0 1 L 21/30

テ-マ-コ-ト*(参考)
2 H 0 4 6
A 2 K 0 0 2
5 2 7 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2000-178460(P2000-178460)

(22)出願日 平成12年6月14日 (2000.6.14)

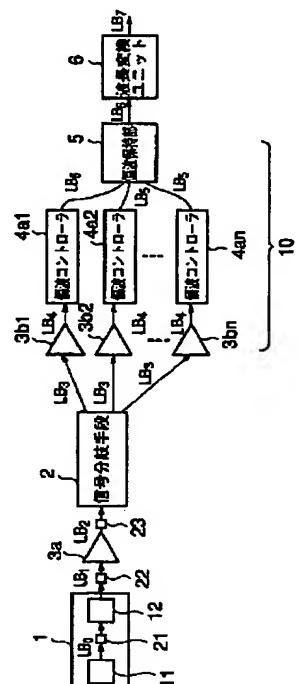
(71)出願人 000005290
古河電気工業株式会社
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号
(71)出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者 温井 克弥
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内
(74)代理人 100093894
弁理士 五十嵐 清

(54)【発明の名称】 光源装置

(57)【要約】

【課題】 小型でメンテナンスが容易であり、かつ、露光光源として十分な出力を得られる安価な光源装置を提供する。

【解決手段】 赤外域から可視域までの波長範囲内の単一波長の信号光を出力する1つの信号光光源1と、該信号光光源1から出力する信号光を複数に分岐する信号光分岐手段2と、該信号光分岐手段2によって分岐したそれぞれの信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光にする偏波コントローラ4a1~4anと該直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部5とを備えた偏波調整出力手段10を設け、信号光光源1と信号光分岐手段2の各出力端には光増幅器3a、3b1~3bnを設ける。偏波調整出力手段10によって信号光を偏波面の向きが等しい直線偏光として整列させて波長変換ユニット6に入力し、これらの直線偏光を波長変換ユニット6により一括波長変換して紫外光とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに等しい波長の信号光を出力する複数の信号光光源と、これらの各信号光光源から出力される複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力する偏波調整出力手段と、該偏波調整出力手段からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニットとを有することを特徴とする光源装置。

【請求項2】单一波長の信号光を出力する1つ以上の信号光光源と、該信号光光源から出力される信号光を複数に分岐する信号光分岐手段と、該信号光分岐手段により分岐した複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力する偏波調整出力手段と、該偏波調整出力手段からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニットとを有することを特徴とする光源装置。

【請求項3】信号光分岐手段は該信号光分岐手段に入力される光の偏波状態を保持した状態で光分岐を行なう偏波保持分岐手段により形成したことを特徴とする請求項2記載の光源装置。

【請求項4】信号光光源と偏波調整出力手段との間の光通路に1つ以上の光増幅器を設けたことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3に記載の光源装置。

【請求項5】光増幅器は該光増幅器に入力される信号光の偏波状態を保持した状態で信号光を増幅する偏波保持光増幅器により形成したことを特徴とする請求項4記載の光源装置。

【請求項6】偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の偏波状態を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光にする偏波コントローラと、該直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部を有することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか一つに記載の光源装置。

【請求項7】偏波コントローラによる偏波制御状態を検出する偏波状態検出手段を有し、前記偏波コントローラは偏波状態検出手段の検出結果に基づいて光の偏波状態をフィードバック制御する構成としたことを特徴とする請求項6記載の光源装置。

【請求項8】偏波状態検出手段は偏波コントローラ内を通過する信号光または偏波コントローラの出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段としたことを特徴とする請求項7記載の光源装置。

【請求項9】偏波状態検出手段は偏波調整出力手段の出力側に設けられた波長変換ユニット内を通過する信号光または波長変換ユニット出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段としたことを特徴とする請求項7記載の光源装置。

【請求項10】信号光光源は信号光を直線偏波状態で

出力する直線偏波光源により形成し、偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部により形成したことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか一つに記載の光源装置。

【請求項11】偏波保持部は光通路上に設けられた複数の偏波保持ファイバと、該偏波保持ファイバを配列固定する偏波保持ファイバ配列具とを備えていることを特徴とする請求項6乃至請求項10のいずれか一つに記載の光源装置。

【請求項12】偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを1次元アレイ状に配列する1次元アレイ配列具としたことを特徴とする請求項11記載の光源装置。

【請求項13】偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを2次元アレイ状に配列する2次元アレイ配列具としたことを特徴とする請求項11記載の光源装置。

【請求項14】偏波保持部の温度を調整する温度調整手段を設けたことを特徴とする請求項6乃至請求項13のいずれか一つに記載の光源装置。

【請求項15】信号光光源は赤外域から可視域までの波長範囲内の单一波長の信号光を出力する光源とし、波長変換ユニットは前記信号光光源の出力波長を紫外域の波長に変換する非線形光学結晶としたことを特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれか一つに記載の光源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子やC CD等の撮影素子、結晶表示素子、スマートディスプレイ素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するためのフォトリソグラフィー工程で使用される露光装置の露光光源や計測用光源に用いられる光源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体集積回路を製造するためのフォトリソグラフィー工程で使用される露光装置は、マスクとしてのレチカル（フォトマスク）上に精密に書かれた回路パターンを、基板としてフォトレジストを塗布したウエハ上に光学的に縮小して投影露光する装置である。

【0003】上記露光装置において、露光時におけるウエハ上で最小のパターン寸法（解像度）を小さくするために最も単純で有効な方法の1つは、露光光の波長（露光波長）を短くすることである。したがって、露光装置の解像度を小さくする（向上する）ために、露光装置に適用される光源装置（露光光源装置）には光出力波長の短波長化が求められる。

【0004】また、上記露光装置に適用される光源装置には、以下の3つの特性も要求される。すなわち、第1に、集積回路の露光、転写に要する時間を短くして、ス

ループットを高めるために、例えば数ワットの光出力を有すること求められる。第2に、露光波長が300 nm以下の紫外光を照射する露光光源の場合には、投影光学系の屈折部材（レンズ）として使用できる光学材料が限られ、色収差の補正が難しくなってくるため、露光光の単色性が求められる。そして、露光光のスペクトル線幅を1 pm以下にすることが求められている。

【0005】第3に、このスペクトル線幅の狭帯域化に伴い、時間的コヒーレンス（可干渉性）が高くなるため、狭い線幅の光をそのまま照射すると、スペックルと呼ばれる不要な干渉縞が生じてしまうため、このスペックルの発生を抑制するために、露光光源には空間的にコヒーレンスが低いことが求められる。

【0006】これらの3つの特性を有し、光出力の短波長化を実現できる光源の1つとして、レーザの発振波長自体が短波長であるエキシマレーザ等のレーザを用いた光源がある。

【0007】具体的には、上記露光光源装置用のエキシマレーザとして、例えば発振波長が248 nmのKrFエキシマレーザが使用されており、最近では、露光光源装置として発振波長がさらに短波長（193 nm）のArFエキシマレーザを使用する露光装置の開発が進められている。また、エキシマレーザに変えて、レーザの発振波長自体がさらに短波長（157 nm）のF2レーザを使用した露光光源装置も提案されている。

【0008】しかしながら、エキシマレーザやF2レーザは大型であり、発振周波数が数キロHz程度であるため、単位時間当たりの照射エネルギーを高めるためには1パルス当たりのエネルギーを大きくする必要がある。このため、いわゆるコンパクション等によって光学部品の透過率変動などが生じ易いこと、メンテナンスが煩雑で費用が高額となることなどの種々の問題があった。

【0009】そこで、上記3つの特性を有し、光出力の短波長化を実現できる光源の別の例として、赤外又は可視域のレーザの高調波発生を利用した光源が提案された。この種の光源は、非線形光学結晶の2次の非線形光学効果を利用して、紫外光よりも長波長の光（赤外光、可視光）を紫外光に変換する方法を用いた光源である。

【0010】この種の光源の具体例として、特開平8-334803号公報には、半導体レーザを備えた信号光発生部と、この信号光発生部からの光を非線形光学結晶により紫外光に波長変換する波長変換部とから構成されるレーザ要素を複数個マトリックス上に（例えば10×10）束ねたアレイレーザが提案されている。このアレイレーザは、個々のレーザ要素の光出力を低く抑えつつ装置全体の光出力を高出力とすることができる、各非線形光学結晶への負担を軽減することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平8-334803号公報に提案されたアレイレーザ

は、個々のレーザ要素が独立しているために、露光光源装置への適用を考慮した場合には、全てのレーザ要素の発振スペクトルを全幅で1 pm以下まで一致させる必要が生じ、その調整が大変だったり、装置の複雑化を招くおそれがあった。

【0012】すなわち、全てのレーザ要素の発振スペクトルを全幅で1 pm以下まで一致させるためには、例えば各レーザ要素で自立的に同一波長の単一モードを発振させる必要があり、そのためには、各々のレーザ要素の共振波長を調整するか、あるいは共振器中に波長選択素子を挿入することが必要となる。そして、前者のように各々のレーザ要素の共振波長を調整する場合は、その調整が微妙であり、また、後者のように波長選択素子を挿入する場合には、構成要素が多くなるために全てのレーザ要素を同一波長で発振させるために複雑な構成が必要となるのである。

【0013】そこで、複数のレーザを能動的に同一波長化する方法として、発振スペクトル線幅の狭い单一の信号光源から複数のレーザ要素に分岐し、この信号光を誘導波として用いることにより、各レーザ要素の発振波長を同調させ、かつ、スペクトル線幅を狭幅帯域化するという、いわゆるインジェクションシード法を用いた装置構成が提案された。なお、このインジェクションシード法は、例えば「Walter Koechner: Solid-State Laser Engineering, 3rd Edition, Springer Series in Optical Science, vol. 1, Springer Verlag, ISBN 0-387-53756, p. 246-249」に参照される。

【0014】しかしながら、この方法を用いた場合、シード光を各レーザ要素に分岐する光学系が必要となるのはもちろんのこと、その他に発振波長の同調制御部を必要とし、構造が複雑になるという問題がある。

【0015】さらに、上記のような装置構成はいずれも各レーザ要素がそれぞれ波長変換部を有する構成であり、前者の場合には信号光発生部の数に対応させて波長変換部を設け、後者の場合にはシード光の分岐数に対応させて波長変換部を設ける構成となる。

【0016】このように、信号光発生部数又はシード光の分岐数に対応させて波長変換部を設ける構成においては、その分だけ装置コストが高価となり、また、信号光発生部数ごと又はシード光分岐数ごとに個別に設けられた波長変換部と該波長変換部に入力される信号光との光接続を行ない、その後、レーザ要素アレイを組み立てる必要があり、光源装置の製造が容易でないといった問題があった。しかも、レーザ要素の一部にアライメントずれが生じた場合や構成する光学素子に損傷が生じた場合には、このレーザ要素を取り出して調整したうえで、再度、レーザ要素アレイを組み立て直さなければならないため、非常に手間がかかる。

【0017】また、上記各装置構成は、従来のエキシマレーザに比べて装置全体を格段に小さくすることは可能

だが、それでも、レーザ要素アレイ全体の出力ビーム系を数cm以下に抑えるパッケージングは困難であった。

【0018】さらに、上記各装置構成において、それぞれのレーザ要素を構成する波長変換部の非線形光学結晶は、該結晶に入射する信号光の偏波が直線偏波で、かつ、信号光の偏波の向きが揃っていないと、波長変換結晶中の波長変換効率が悪く、露光光源として十分な出力が得られないが、上記装置構成において、波長変換効率を向上させる構成は示されておらず、十分な波長変換効率が得られる保証がなかった。

【0019】本発明は、上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、小型でメンテナンスが容易であり、かつ、露光光源として十分な出力を得られる安価な光源装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第1の発明は、互いに等しい波長の信号光を出力する複数の信号光光源と、これらの各信号光光源から出力される複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力する偏波調整出力手段と、該偏波調整出力手段からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニットとを有する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0021】また、第2の発明は、単一波長の信号光を出力する1つ以上の信号光光源と、該信号光光源から出力される信号光を複数に分岐する信号光分岐手段と、該信号光分岐手段により分岐した複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力する偏波調整出力手段と、該偏波調整出力手段からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニットとを有する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0022】さらに、第3の発明は上記第2の発明の構成に加え、前記信号光分岐手段は該信号光分岐手段に入力される光の偏波状態を保持した状態で光分岐を行なう偏波保持分岐手段により形成した構成をもって課題を解決する手段としている。

【0023】さらに、第4の発明は、上記第1又は第2又は第3の発明の構成に加え、前記信号光光源と偏波調整出力手段との間の光通路に1つ以上の光増幅器を設けた構成をもって課題を解決する手段としている。

【0024】さらに、第5の発明は、上記第4の発明の構成に加え、前記光増幅器は該光増幅器に入力される信号光の偏波状態を保持した状態で信号光を増幅する偏波保持光増幅器により形成した構成をもって課題を解決する手段としている。

【0025】さらに、第6の発明は、上記第1乃至第5のいずれか一つの発明の構成に加え、前記偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の偏波状態を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光にする偏波コントローラと、該直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部を有する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0026】さらに、第7の発明は、上記第6の発明の構成に加え、前記偏波コントローラによる偏波制御状態を検出する偏波状態検出手段を有し、前記偏波コントローラは偏波状態検出手段の検出結果に基づいて光の偏波状態をフィードバック制御する構成とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0027】さらに、第8の発明は、上記第7の発明の構成に加え、前記偏波状態検出手段は偏波コントローラ内を通過する信号光または偏波コントローラの出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0028】さらに、第9の発明は、上記第7の発明の構成に加え、前記偏波状態検出手段は偏波調整出力手段の出力側に設けられた波長変換ユニット内を通過する信号光または波長変換ユニット出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0029】さらに、第10の発明は、上記第1乃至第5のいずれか一つの発明の構成に加え、前記信号光光源は信号光を直線偏波状態で出力する直線偏波光源により形成し、偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部により形成した構成をもって課題を解決する手段としている。

【0030】さらに、第11の発明は、上記第1乃至第10のいずれか一つの発明の構成に加え、前記偏波保持部は光通路上に設けられた複数の偏波保持ファイバと、該偏波保持ファイバを配列固定する偏波保持ファイバ配列具とを備えている構成をもって課題を解決する手段としている。

【0031】さらに、第12の発明は、上記第11の発明の構成に加え、前記偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを1次元アレイ状に配列する1次元アレイ配列具とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0032】さらに、第13の発明は、上記第11の発明の構成に加え、前記偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを2次元アレイ状に配列する2次元アレイ配列具とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0033】さらに、第14の発明は、上記第6乃至第13のいずれか一つの発明の構成に加え、前記偏波保持部の温度を調整する温度調整手段を設けた構成をもって課題を解決する手段としている。

【0034】さらに、第15の発明は、上記第1乃至第14のいずれか一つの発明の構成に加え、前記信号光光源は赤外域から可視域までの波長範囲内の单一波長の信号光を出力する光源とし、波長変換ユニットは前記信号光光源の出力波長を紫外域の波長に変換する非線形光学結晶とした構成をもって課題を解決する手段としている。

【0035】上記構成の本発明において、互いに等しい波長の信号光を出力する複数の信号光光源から出力される複数の信号光や、单一波長の信号光を出力する1つ以上の信号光光源からの信号光の分岐光は、偏波調整出力手段によって、互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力され、この出力光の波長が波長変換ユニットによって予め定めた設定波長に一括変換される。

【0036】このように、本発明においては、複数の信号光の波長を波長変換ユニットによって設定波長に一括変換する構成と成しており、従来のアイレーザ等の光源装置と異なり、複数の信号光ごとに波長変換部（本発明の波長変換ユニットに対応）を設けていないために、その分だけ装置コストを安くすることが可能となり、光源装置の製造も容易となる。

【0037】しかも、本発明においては、偏波調整出力手段等の光学素子の一部にアライメントずれが生じた場合や光学素子に損傷が生じた場合にも、ずれや損傷が生じた部分のみ調整し、偏波調整出力手段からの出力光が適切に波長変換ユニットに光接続されるようにすればよく、各レーザ要素ごとに調整を行ない、さらに、複数のレーザ要素を配列し直すといった作業が不要となる。

【0038】また、本発明においては、偏波調整出力手段を、例えば偏波コントローラと、偏波保持ファイバを配列した偏波保持ファイバ配列具を有する偏波保持部により構成できるために、偏波調整出力手段の出力部のサイズを非常に小さくすることが可能となり、この出力部を非線形光学結晶などにより形成される波長変換ユニットに接続し、光源装置の出力部とすればよいために、出力ビーム系を数cm以下に抑えるパッケージングも可能となる。

【0039】さらに、本発明においては、偏波調整出力手段によって、複数の信号光は互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力され、この出力光の波長が波長変換ユニットによって予め定めた設定波長に一括変換されるため、非線形光学結晶などにより形成される波長変換ユニットによる波長変換効率を高くすることが可能となり、露光光源として十分な出力を得ることが可能となる。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1には、本発明に係る光源装置の第1実施形態例が示されている。同図に示すように、本実施形態例の露光光源装置は、赤外域から可視域まで

の波長範囲内の单一波長の信号光を出力する1つの信号光光源1と、該信号光光源1から出力する信号光を複数に分岐する信号光分岐手段2と、該信号光分岐手段2によって分岐したそれぞれの信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光にして出力する偏波調整出力手段10と、該偏波調整出力手段10からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニット6とを有している。

【0041】また、本実施形態例において、信号光光源1と偏波調整出力手段10との間の光通路には光ファイバアンプにより形成された光増幅器3a、3b1～3bnが設けられている。光増幅器3aは信号光光源1と信号光分岐手段2との間に設けられ、光増幅器3b1～3bnは信号光分岐手段2の出力端にそれぞれ設けられている。

【0042】信号光光源1は、例えばDFB（Distributed Feedback）レーザやファイバーレーザ等の小型で発振スペクトルの狭い光源を適用するとよい。本実施形態例では、信号光光源1は、单一波長発振レーザ11と、アイソレータ21と、光変調素子12を有している。单一波長発振レーザ11はスペクトル線幅の狭い单一波長の連続波（CW）よりなる波長1.544μmの信号光LB0を発振する。なお、この発振波長は赤外域の波長である。アイソレータ21は信号光の伝搬方向と逆向きの反射戻り光を阻止する機能を有しており、前記信号光LB0はアイソレータ21を介して光変調素子12に入射する。

【0043】光変調素子12は外部変調器等によって、連続波の信号光LB0を適切なパルス信号光LB1に変換（切り出し）する。そして、信号光光源1からパルス信号光LB1が出力される。

【0044】信号光LB1はアイソレータ22を介して光増幅器3aに入射し、増幅されて信号光LB2となり、アイソレータ23を介して信号光分岐手段2に入射し、n本（nは2以上の整数）のほぼ同一強度の信号光LB3に分岐される。そして、この分岐光は、光増幅器3b1～3bnにより増幅され、信号光LB4となる。

【0045】なお、本実施形態例では、各光増幅器3a、3b1～3bnにより前記信号光光源1の出力波長と同一波長域（1.544μm付近）の光を増幅するため、各光増幅器3a、3b1～3bnを図示されていないEDF（Doped Fiber）と励起光光源を設けて構成した。この励起光光源の励起光波長は980nm帯と1480nm帯のいずれかが適用されるが、非線形効果による波長の広がりを抑制するためには、励起光の波長を980nmとすることが望ましい。

【0046】また、図2には、信号光分岐手段2の構成例が示されている。同図の（a）に示す信号光分岐手段2は、1つの信号光をN個（Nは2以上の整数であり、同図ではN=2）に分岐する第1段の（1×N）光分岐

器（光カプラ）7の各出力部にそれぞれ、該第1段の（1×N）光分岐器7の1つの分岐光をさらにN個に分岐する第2段の（1×N）光分岐器7を接続するという如く、（1×N）光分岐器7を複数段（同図では7段）接続して形成されている。このようにすると、2ⁿ（同図では2⁷=128）分岐が達成される。

【0047】また、同図の（b）に示す信号光分岐手段2は、1つの信号光をN個（Nは2以上の整数であり、同図ではN=8）に分岐する第1段の（1×N）光分岐器（光カプラ）27の各出力部にそれぞれ、第1段の（1×N）光分岐器27の1つの分岐光をさらにM個（Mは2以上の整数であり、かつ、N≠Mであり、同図ではM=16）に分岐する第2段の（1×M）光分岐器28を接続して形成されている。このようにすると、N×M（同図では8×16）分岐が達成される。

【0048】また、図3の（a）には、図2の（a）の信号光分岐手段2において、各段の光カプラ7の出力光ファイバ8の長さを互いに異なる長さに形成した例が示されており、図3の（b）には、図2の（a）の信号光分岐手段2において、最終段の光カプラ7の出力光ファイバ8の長さのみを互いに異なる長さに形成した例が示されている。

【0049】また、図3の（c）には、図2の（b）の信号光分岐手段2において、第1段の光カプラ27の出力光ファイバ8の長さを互いに異なる長さに形成し、また、第2段の光カプラの出力ファイバ8も互いに異なる長さに形成した例が示されている。なお、上記出力ファイバ8の長さの差は、信号光光源1の特性や信号光分岐手段2による信号光分岐数等に対応させて適宜設定される。

【0050】信号光分岐手段2を構成するにあたり、例えば図3に示すように、光カプラ7、27、28の出力光ファイバ8の長さを互いに異なる長さとすると、信号光分岐手段2に入射して分岐され、信号光分岐手段2の出力端から出力するそれぞれの信号光の光路長を互いに異なる長さにすることができる、信号光分岐手段2の出力端からスペックルがない信号光を出力することができる。

【0051】なお、信号光分岐手段2の構成を図2に示したような構成とした場合も、信号光光源1において信号光パルスの発生タイミングを調整することによって、信号光分岐手段2の出力端において、信号光の空間的コヒーレンスを得てもよい。

【0052】図1に示したように、偏波調整出力手段10は偏波コントローラ4a1～4anと偏波保持部5を有しており、偏波コントローラ4a1～4anは偏波調整出力手段10に入力される複数の信号光（LB4）の偏波状態を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光LB5にする。

【0053】また、本実施形態例では、偏波コントローラ4a1～4anによる偏波制御状態を検出する偏波状態検出手段（図示せず）が設けられており、偏波コントローラ4a1～4anは偏波状態検出手段の検出結果に基づいて光の偏波状態をフィードバック制御する構成と成している。

【0054】偏波状態検出手段は偏波コントローラ4a1～4an内を通過する信号光または偏波コントローラ4a1～4anの出力端から出力する信号光をモニタしてもよいし、波長変換ユニット内を通過する信号光または波長変換ユニット出力端から出力する信号光をモニタしてもよい。偏波状態検出手段は、これらのモニタ結果に基づいて偏波コントローラによる偏波状態を検出する。

【0055】なお、偏波状態検出手段はそれぞれの偏波コントローラ4a1～4anに備えられていてもよいし、偏波コントローラ4a1～4anとは個別に設けられ、光スイッチなどを用いて、順次、それぞれの偏波コントローラ4a1～4anの出力端や波長変換ユニット6の内部や出力端と着脱自在に接続する構成としてもよい。

【0056】偏波保持部5は、該直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持するものであり、偏波保持部5は、例えば図4の（a）、（b）、（c）に示すように、光通路上に設けられた複数の偏波保持ファイバ15と、該偏波保持ファイバ15を配列固定する偏波保持ファイバ配列具16とを備えている。なお、偏波保持ファイバ15の構成は周知であるので、その詳細説明は省略するが、その代表例として、同図の（a）に示すように、コアCを挟む両側に応力付与部Pを設けたバンダファイバなどが適用される。

【0057】偏波保持ファイバ配列具16は、例えば同図の（a）、（b）に示すように、基板17の表面又は裏面側に複数のV溝9を配列したもののや、同図の（c）に示すような、複数の光ファイバ挿通孔19を配列した周知のフェルール（MTフェルール）18を適用することができる。なお、フェルール18において、光ファイバ挿通孔19を挟む両側に設けられているピン嵌合穴20は、省略することもできる。

【0058】また、図4の（a）に示す偏波保持ファイバ配列具16は、偏波保持ファイバ15を1次元アレイ状に配列する（本明細書では、この図に示すように、偏波保持ファイバ15の端面を1次元アレイ状に配列することを意味する）1次元アレイ配列具としている。また、同図の（b）、（c）に示す偏波保持ファイバ配列具16は偏波保持ファイバを2次元アレイ状に配列する（本明細書では、これらの図に示すように、偏波保持ファイバ15の端面を2次元アレイ状に配列することを意味する）2次元アレイ配列具としている。

【0059】なお、偏波保持ファイバ配列具16を、同図の（c）に示すように、フェルール18を用いて構成

すると、信号光出力端幅を高密度に集積化することが可能となり、しかも、フェルール18は光通信用として一般的に用いられているものであるため、フェルール18に配列する偏波保持ファイバ15の配列を高精度に行なうことができるし、偏波保持部5を安価にできる。

【0060】また、同図の(b)に示すような基板17を有する光ファイバ配列具16は、各基板17がフェルール18よりも図の縦方向の厚みが小さいので、基板17を例えれば銅、アルミニウム、ステンレス等の金属やAIN(チッ化アルミ)等の絶縁体により形成し、重ね合わせて配列すると、より一層偏波保持ファイバ15の配列を高密度に集積化することができる。

【0061】偏波保持部5によって偏波方向を揃えた状態で配列保持された信号光LB6は、そのままの状態で(偏波方向が互いに等しい直線偏波の状態で整列して)波長変換ユニット6に入射する。

【0062】本実施形態例において、波長変換ユニット6は、非線形光学結晶により形成されており、上記のような偏波保持ファイバ15の端面の配列形態は、波長変換ユニット6を形成する非線形光学結晶の形状等に対応させて決定されるものである。

【0063】すなわち、非線形光学結晶は、結晶の種類によって非線形光学効果を発揮するに十分な形状や波長変換に適した光入力方向などがある。それに対応させて、例えば図6の(a)に示すように、非線形光学結晶が立方体形状の場合は、偏波保持ファイバ15の配列形態を図4の(b)、(c)に示すような形態とし、例えば図6の(b)に示すように、非線形光学結晶が平板形状であり、この平板形状の面方向に光を入射した場合に非線形光学効果を発揮することができる場合は、偏波保持ファイバ15の配列形態を図4の(a)に示すような形態とする。

【0064】波長変換ユニット6は、信号光光源1の出力波長を紫外域の波長に一括変換するものであり、本実施形態例において、波長変換ユニット6は、複数の非線形光学結晶の2次高調波発生(SHG)および和周波(SFG)の組合せによって、基本波に対して任意の整数倍の周波数(波長の整数分の1)の高調波よりなる紫外光を出力する(紫外光に波長変換する)。

【0065】本実施形態例に適用されている非線形光学結晶の波長変換ユニット6は、波長変換ユニット6に入射する信号光LB6を8倍高調波(波長は1/8)又は10倍高調波(波長は1/10)の設定波長の信号光LB7に変換するものである。波長変換ユニット6から出力される紫外域波長の光LB7が、本実施形態例の光源装置の出力光となる。

【0066】本実施形態例において、信号光光源1から出力する信号光LB1の波長は1.544μmであるため、8倍高調波の波長はArFエキシマレーザの出力波長と同じ193nmとなり、10倍高調波の波長はF2

レーザの出力波長に近い154nmとなる。なお、信号光LB7の波長をF2レーザの出力波長により一層近づけるためには、信号光光源1から出力する信号光LB1の出力波長を1.57μmとし、10倍高調波の波長を発生させるとよい。

【0067】また、LiNb(リチウムナイオベイト)の非線形光学結晶は、入力される光の波長を7倍高調波か8倍高調波に変換する非線形光学結晶として知られているが、この非線形光学結晶は、図6の(b)に示すように、結晶の成長が平板状に成長しやすい特徴がある。

【0068】そのため、この非線形光学結晶を波長変換ユニット6として実用しにくかったが、本実施形態例において、偏波保持部5を図4の(a)に示すような偏波保持ファイバ配列具16を用いて形成すると、この偏波保持部5からの出力光をLiNbの非線形光学結晶から成る波長変換ユニット6に入力し、適切に波長変換を行なうことができる。

【0069】また、上記のように、波長変換ユニット6として機能する非線形光学結晶は入射する直線偏光の向きによって波長変換効率が異なるものであり、例えば図5の(a)に示すように、図のC方向と平行な方向(同図のA方向)の直線偏波の波長変換のみを行なって直線偏波A'とし、それ以外の方向(例えば同図のB方向)の偏波の波長変換は行なわない性質がある。したがって、同図の(b)に示すように、非線形光学結晶に、偏波方向の不揃いの信号光が入射したときの波長変換効率に比べ、同図の(c)に示すように、偏波方向の揃った信号光が入射したときの波長変換効率は高くなる。

【0070】本実施形態例は以上のように構成されており、本実施形態例において、図1に示したように、信号光光源1から出力された赤外域の波長の信号光LB1は光増幅器3aによって増幅されて信号光LB2となり、その後、信号光分岐手段2によってn個に分岐されて信号光LB3となり、これらn個の信号光LB3は、それぞれ、対応する光増幅器3b1~3bnにより増幅されて信号光LB4になる。

【0071】そして、これらの各信号光LB4は、それぞれ対応する偏波コントローラ4a1~4anによって偏波面の向きが等しい直線偏波に揃えられて信号光LB5となり、さらに、偏波保持部5によって直線偏波の向きが揃えられた状態で配列保持され、信号光LB6として整列した状態で出力され、波長変換ユニット6により波長変換されて紫外域の信号光LB7となり、出力される。

【0072】このように、本実施形態例においては、信号光発生部数又はシード光の分岐数に対応させて、可視域又は赤外域の波長を紫外域の波長に変換する波長変換部を設ける従来提案の露光光源装置と異なり、複数の信号光の波長を1つの波長変換ユニット6によって設定波長に一括変換するために、その分だけ装置コストを安く

することができ、光源装置の製造も容易にすることができる。

【0073】しかも、本実施形態例においては、光増幅器3a, 3b1～3bnや偏波コントローラ4a1～4an等の光学要素にアライメントずれが生じた場合や構成する光学素子に損傷が生じた場合にも、ずれや損傷が生じた部分のみ調整し、偏波調整出力手段からの出力光が適切に波長変換ユニットに光接続されるようにすればよく、それぞれの光学要素とそれぞれの波長変換部との調整を個別に行なって各レーザ要素の調整を行ない、さらに複数のレーザ要素を配列し直して光源装置を組み立て直すといった手間を省くことができる。

【0074】さらに、本実施形態例によれば、偏波コントローラ4a1～4anによって信号光を偏波面の向きが等しい直線偏波にして揃えた後、図4に示したような偏波保持ファイバ配列具16により前記直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持して出力するために、非線形光学結晶の波長変換ユニット6に入力する信号光を非常にコンパクトに配列することができ、これらの信号光の波長変換ユニット6による波長変換光の出力ビーム系を数cm以下に押えることができる。

【0075】さらに、本実施形態例によれば、偏波調整出力手段10によって、複数の信号光は互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力され、この出力光の波長が波長変換ユニット6によって予め定めた設定波長に一括変換されるため、非線形光学結晶により形成した波長変換ユニット6の波長変換効率を高くすることができ、露光光源として十分な出力を得ることができる。

【0076】図7には、本発明に係る光源装置の第2実施形態例の要部構成が示されている。なお、本第2実施形態例において上記第1実施形態例と同一名称部分には同一符号が付してあり、その重複説明は省略する。

【0077】本第2実施形態例は上記第1実施形態例と同様に、信号光光源1、信号光分岐手段2、光増幅器3a, 3b1～3bn、偏波調整出力手段10、波長変換ユニット6を有して構成されているが、本第2実施形態例において、信号光光源1は信号光を直線偏波状態で出力する直線偏波光源により形成している。

【0078】また、信号光分岐手段2は該信号光分岐手段2に入力される光の偏波状態を保持した状態で光分岐を行なう偏波保持分岐手段により形成し、さらに、光増幅器3a, 3b1～3bnは該光増幅器3a, 3b1～3bnに入力される信号光の偏波状態を保持した状態で信号光を增幅する偏波保持光増幅器により形成している。

【0079】具体的には、信号光分岐手段2を形成する光カプラ7, 27, 28の光ファイバを偏波保持ファイバにより構成し、光増幅器3a, 3b1～3bnは偏波保持ファイバにより構成した光ファイバ型光増幅器としている。

【0080】本第2実施形態例においては、このように構成することにより、信号光光源1で出力した直線偏波を、そのままの偏波状態で、偏波調整出力手段10として機能する偏波保持部5に入力することができる。そのため、本第2実施形態例では、上記第1実施形態例において設けた偏波コントローラを省略し、偏波保持部5により偏波調整出力手段10を形成し、偏波保持部5が偏波調整出力手段10に入力される複数の信号光の直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する構成とした。

【0081】本第2実施形態例は以上のように構成されており、本第2実施形態例においては、信号光光源1から出力される信号光は全て直線偏波であり、この信号光が光増幅器3aによって、偏波状態を保持したまま（直線偏波）増幅され、信号光分岐手段2によって、偏波状態を保持したまま複数（n個）に分岐される。その後、光増幅器3b1～3bnによって、偏波状態を保持したまま増幅され、この直線偏波の偏波面方向が偏波保持部5によって揃えられて配列保持され、出力され、波長変換ユニット6により一括して波長変換される。

【0082】一般に、偏波コントローラを設けると、偏波コントローラの制御回路が必要になり、装置構成が煩雑化、大型化しやすくなるが、本第2実施形態例においては、偏波コントローラを設けずに、上記第1実施形態例と同様の波長変換動作を行ない、同様の効果を奏することができる光源装置を形成できる。そのため、本第2実施形態例は上記第1実施形態例よりもさらに小型で安価な光源装置とすることができる、より一層優れた露光光源装置を構成することができる。

【0083】なお、本発明は上記実施形態例に限定されることはなく、様々な実施の態様を探り得る。例えば上記各実施形態例では、1つの信号光光源1を設けて光源装置を構成したが、2つ以上の信号光光源1を設けて光源装置を構成してもよい。

【0084】例えば図8の（a）には、上記第2実施形態例のように、直線偏波を出力する信号光光源1を2つ設け、偏波保持分岐手段の信号光分岐手段2と、偏波保持光増幅器の光増幅器3a, 3b1～3bnと、偏波コントローラを設けずに形成した偏波調整出力手段10を設けた光源装置の構成例が示されている。光源装置をこのように構成した場合も、上記第2実施形態例と同様の効果を奏することができる。

【0085】また、同図の（b）には、互いに等しい波長の信号光を出力する複数の信号光光源1と、これらの各信号光光源1から出力される複数の信号光を増幅する光増幅器3a1～3anと、これらの増幅された複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力する偏波調整出力手段10と、該偏波調整出力手段10からの出力光の波長を予め定めた設定波長に一括変換する波長変換ユニット6とを設けて形成した光源装置の構成例が示されている。

【0086】なお、この図においては、偏波調整出力手段10は偏波コントローラ4a1～4anと偏波保持部5を有する構成としたが、信号光光源1、光増幅器3a1～3anを上記第2実施形態例と同様の構成とすれば、偏波コントローラ4a1～4anを省略することもできる。

【0087】これらのように、複数の信号光光源1からの出力光を分歧せずに増幅した場合も、複数の信号光光源1から出力された信号光を、偏波調整出力手段10によって互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力し、偏波調整出力手段10からの出力光の波長を波長変換ユニット6により予め定めた設定波長に一括変換することで、装置の小型化および装置構成の簡略化を図ることができ、上記各実施形態例とほぼ同様の効果を奏することができる。

【0088】さらに、上記各実施形態例および図8に示した各構成において、偏波保持部5の温度を調整する温度調整手段を設けることもできる。温度調整手段は、例えば図9の(a)に示すような、ヒータ29を有する温度調整機能付きのパッケージとしてもよいし、同図の(b)に示すように、ペルチェ素子30やヒートシンク31を設けて偏波保持部5の熱を放熱する手段としてもよい。

【0089】このようにすると、偏波保持部5に集積化されている偏波保持ファイバ15の端面が、偏波保持ファイバ15の端面の出力光および、この出力端側に設けられるレンズなどの光学系からの戻り光によって発熱化するおそれ回避できる。したがって、上記温度調整手段を設けると、上記発熱に伴って埃などの汚れの偏波保持ファイバ端面への付着や、光源装置を構成する光学系の熱搖らぎを抑制でき、光源装置の耐久性を向上させ、寿命を長くすることができる。

【0090】さらに、上記各実施形態例では、光増幅器3a、3a1～3an、3b1～3bn等の光増幅器をErdープ光ファイバを有する構成としたが、光増幅器の構成は特に限定されるものでなく適宜設定されるものであり、例えば増幅する信号光の波長に対応させて、Yb、Pr、Tm等を単独又は複数ドープした光ファイバを有する構成としてもよい。

【0091】さらに、上記各実施形態例では、信号光光源1は、波長1.54μmの信号光を出力する構成としたが、信号光光源1の出力波長は特に限定されるものではなく適宜設定されるものであり、信号光光源1の出力波長を赤外域又は可視域の光とすることにより、信号光光源1のメンテナンス等を簡略化し、かつ、この信号光光源1の出力波長を波長変換ユニットによって紫外域の波長に変換して出力することにより、露光源装置に適した優れた光源装置を構成することができる。

【0092】

【発明の効果】本発明によれば、複数の信号光の波長を

波長変換ユニットによって設定波長に一括変換する構成としたものであるから、従来のアイレーザ等の光源装置と異なり、複数の信号光ごとに波長変換部(本発明の波長変換ユニットに対応)を設けていないために、その分だけ装置コストを安くすることができるし、光源装置の製造も容易とすることができます。

【0093】また、本発明によれば、偏波調整出力手段によって、複数の信号光を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光に揃えて出力し、この出力光の波長が波長変換ユニットによって予め定めた設定波長に一括変換するため、非線形光学結晶などにより形成される波長変換ユニットによる波長変換効率を高くすることができ、露光源として十分な出力を得ることができます。

【0094】さらに、本発明によれば、偏波調整出力手段等の光学素子の一部にアライメントずれが生じた場合や光学素子に損傷が生じた場合にも、ずれや損傷が生じた部分のみ調整し、偏波調整出力手段からの出力光が適切に波長変換ユニットに光接続されるようにすればよく、各レーザ要素ごとに調整を行ない、さらに、複数のレーザ要素を配列し直すといった作業が不要となり、メンテナンスを簡略化できる。

【0095】特に、1つ以上の信号光光源から出力される信号光を複数に分歧する信号光分歧手段を設けた構成によれば、少ない数の信号光光源を用いて光源装置を形成でき、より一層装置の小型化を図ることができる。

【0096】さらに、信号光光源と偏波調整出力手段との間の光通路に1つ以上の光増幅器を設けた構成においては、光増幅器によって信号光を増幅することにより、光源装置の高出力を確実に得ることができます。

【0097】さらに、偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の偏波状態を互いに偏波面の向きが等しい直線偏光にする偏波コントローラと、該直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部を有する構成によれば、偏波コントローラと偏波保持部を設けて的確に偏波調整出力手段を形成し、上記優れた効果を奏することができる。

【0098】さらに、偏波コントローラによる偏波制御状態を検出する偏波状態検出手段を有し、前記偏波コントローラは偏波状態検出手段の検出結果に基づいて光の偏波状態をフィードバック制御する構成によれば、偏波コントローラによる偏波制御動作を非常に的確に行なうことができる。

【0099】さらに、偏波状態検出手段は偏波コントローラ内を通過する信号光または偏波コントローラの出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段としたり、偏波状態検出手段は偏波調整出力手段の出力側に設けられた波長変換ユニット内を通過する信号光または波長変換ユニット出力端から出力する信号光をモニタすることによって偏波コントローラによる偏波状態を検出する手段

としたりすることにより、例えば光源装置の仕様などに応じて適宜の偏波状態検出手段を構成し、偏波コントローラの的確な動作を促すことができる。

【0100】さらに、信号光光源は信号光を直線偏波状態で出力する直線偏波光源により形成し、偏波調整出力手段は該偏波調整出力手段に入力される複数の信号光の直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持する偏波保持部により形成した構成によれば、偏波コントローラを設けずに偏波調整出力手段を形成するために、光源装置の構成をより一層簡略化し、低コスト化を図ることができる。

【0101】なお、このように、偏波保持ファイバを設けずに偏波調整出力手段を形成する構成は、本発明において、信号光分岐手段を設ける際に、信号光分岐手段に入力される光の偏波状態を保持した状態で光分岐を行なう偏波保持分岐手段により信号光分岐手段を形成し、光増幅器を設ける際に、光増幅器に入力される信号光の偏波状態を保持した状態で信号光を増幅する偏波保持光増幅器により光増幅器を形成することにより確実に達成できる。

【0102】さらに、偏波保持部は光通路上に設けられた複数の偏波保持ファイバと、該偏波保持ファイバを配列固定する偏波保持ファイバ配列具とを備えている構成によれば、偏波保持部を非常に簡単で小型の構成で、かつ、偏波保持部に入力される直線偏波の向きを揃えた状態で配列保持することができる。

【0103】さらに、偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを1次元アレイ状に配列する1次元アレイ配列具としたり、偏波保持ファイバ配列具は偏波保持ファイバを2次元アレイ状に配列する2次元アレイ配列具としたりすることにより、偏波保持ファイバの配列形態を、偏波保持部の出力側に設けられる波長変換ユニットに対応させた適宜の配列形態にすることができる。

【0104】さらに、偏波保持部の温度を調整する温度調整手段を設けた構成によれば、偏波保持部に高密度に偏波保持ファイバを配列した場合でも、偏波保持部の発熱等を確実に抑制でき、光源装置を長期信頼性の高い寿命の長い装置とすることができます。

【0105】さらに、信号光光源は赤外域から可視域までの波長範囲内の单一波長の信号光を出力する光源と

し、波長変換ユニットは前記信号光光源の出力波長を紫外域の波長に変換する非線形光学結晶とした構成によれば、赤外域から可視域までの波長範囲内の单一波長の信号光を出力する信号光光源は1パルス当たりのエネルギーが紫外域の波長の信号光を出力する光源に比べて小さく、光源装置を構成する光学部品の透過率変動などが生じにくく、さらに、メンテナンスが容易であるために、この種の信号光光源を用いて所望の紫外域の波長の光を出力することができ、非常に優れた露光光源装置として適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光源装置の第1実施形態例を示す要部構成図である。

【図2】上記光源装置に適用される信号光分岐手段の構成例を模式的に示す構成図である。

【図3】上記光源装置に適用される信号光分岐手段の別の構成例を模式的に示す構成図である。

【図4】上記光源装置に適用される偏波保持部の光ファイバ配列具の配列構成例を示す説明図である。

【図5】非線形光学結晶による波長変換動作例を模式的に示す説明図である。

【図6】非線形光学結晶の形状と、この形状に対応して形成される偏波保持部の出力端部を示す説明図である。

【図7】本発明に係る光源装置の第2実施形態例を示す要部構成図である。

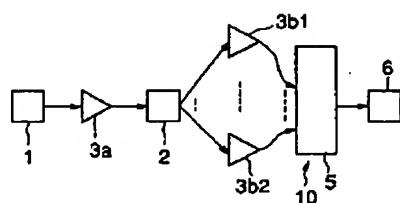
【図8】本発明に係る光源装置の他の実施形態例を示す要部構成図である。

【図9】本発明に係る光源装置の他の実施形態例における偏波保持部周辺構成例を示す説明図である。

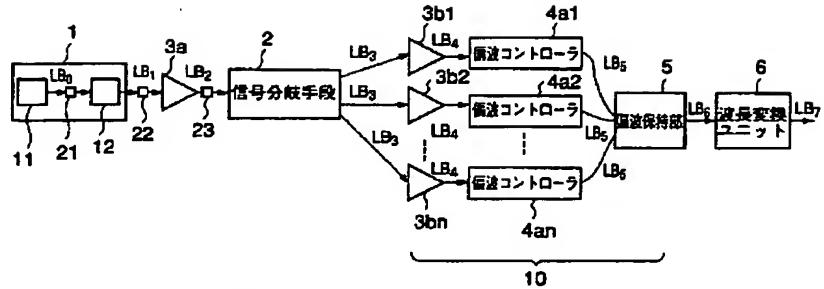
【符号の説明】

- 1 信号光光源
- 2 信号光分岐手段
- 3a, 3a1~3a_n, 3b1~3b_n 光増幅器
- 4a1~4a_n 偏波コントローラ
- 5 偏波保持部
- 6 波長変換ユニット
- 7, 27, 28 光カプラ
- 10 偏波調整出力手段
- 15 偏波保持ファイバ
- 16 偏波保持ファイバ配列具

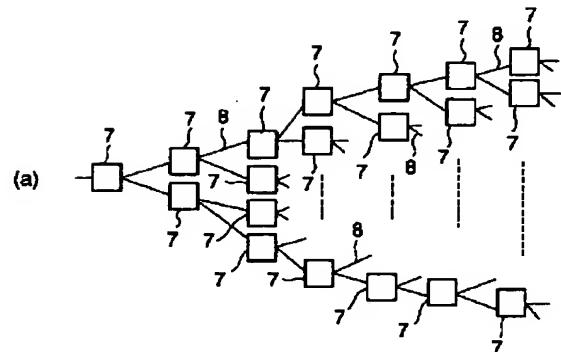
【図7】



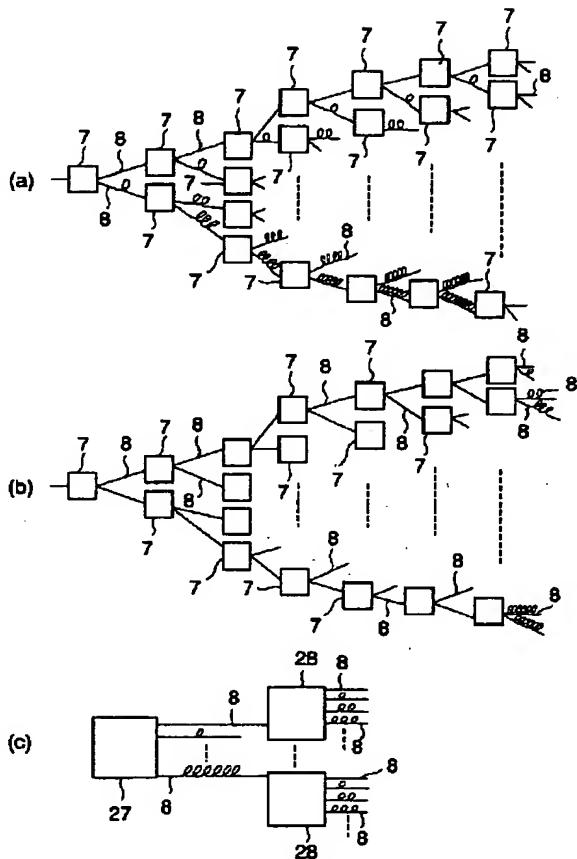
【図1】



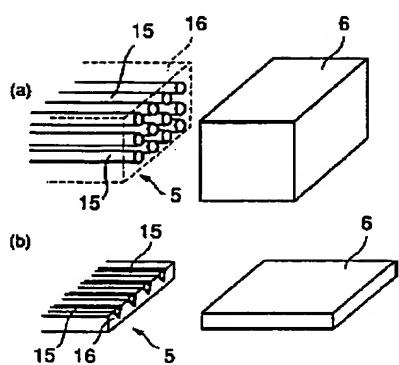
【図2】



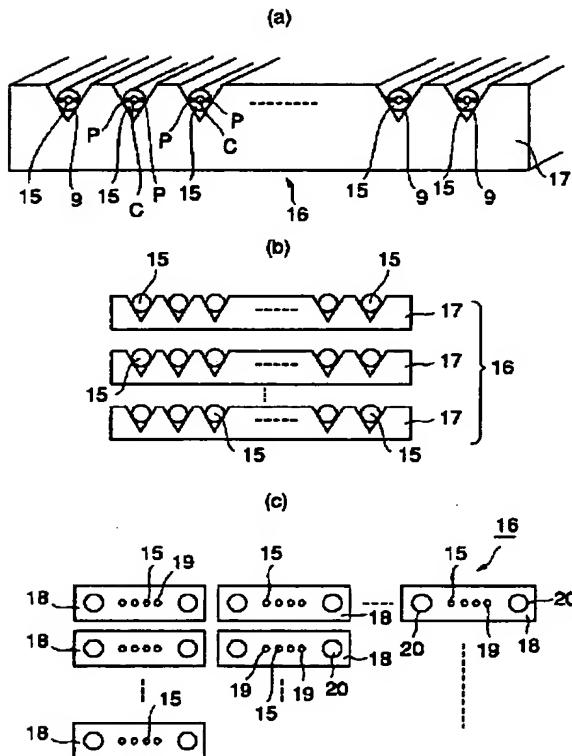
【図3】



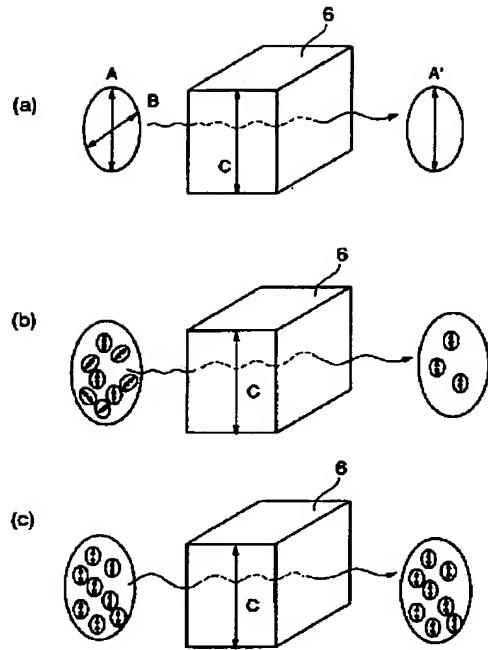
【図6】



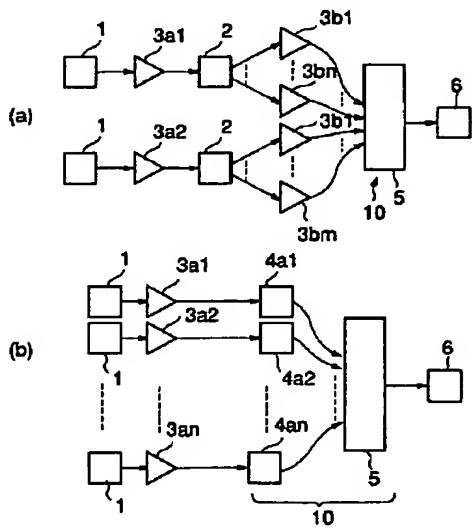
【図4】



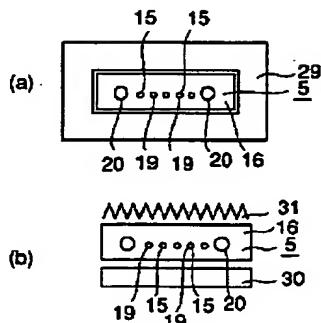
【図5】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72) 発明者 三浦 爰太郎
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内
(72) 発明者 平松 秀世
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 大槻 朋子
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72) 発明者 大和 壮一
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
F ターム(参考) 2H046 AA05 AD00 AZ01 AZ11
2K002 AA04 AB12 BA01 CA03 EB15
GA10 HA20 HA31
5F046 CA04 CA05 CB01 CB04 CB22